

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

FABIANO DA SILVA BENTO

O USO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA COMO SUBSÍDIO À
MANUTENÇÃO PREVENTIVA

JOÃO PESSOA – PB

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

FABIANO DA SILVA BENTO

O USO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA COMO SUBSÍDIO À
MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Trabalho de graduação apresentado ao curso de Administração da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientadora: Profa Dr^a Helen Silva Gonçalves

JOÃO PESSOA – PB

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B478u Bento, Fabiano da Silva.

O uso da manutenção preditiva como subsídio à manutenção preventiva./ Fabiano da Silva Bento. – João Pessoa: UFPB, 2012.
56f.: il.

Orientadora: Profa Dr^a Helen Silva Gonçalves
Monografia (Graduação em Administração) – UFPB/CCSA.

1. Manutenção preventiva. 2. Manutenção preditiva.
3. Processo produtivo. I. Título.

UFPB/CCSA/BS

CDU: 658.5(043.2)

FABIANO DA SILVA BENTO

**O USO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA COMO SUBSÍDIO À
MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Trabalho de graduação aprovado como requisito para obtenção do título de Administrador do curso de graduação em Administração da Universidade Federal da Paraíba.

Banca Examinadora:

Orientadora: _____

Profa Dr^a Helen Silva Gonçalves - UFPB

Membro: _____

Prof^o Dr. André Gustavo Carvalho Machado - UFPB

Membro: _____

Prof^o Dr. Roberto Guimarães Jr. - UFPB

João Pessoa - PB

2012

Dedico este trabalho a meus colegas de curso, em especial a meu amigo Jardel Abraão Costa, que embora não se encontre mais entre nós, sempre será lembrado com muito carinho por todos os seus amigos. Também a todos os professores que me acompanharam nessa jornada, em especial a minha orientadora, Prof^a Dr^a Helen Silva Gonçalves, com quem divido os resultados finais deste estudo.

Há homens que lutam um dia, e são bons;
Há outros que lutam um ano, e são melhores;
Há aqueles que lutam vários anos, e são muito bons;
Porém, há os que lutam toda a vida
Estes são os imprescindíveis.

BERTHOUD BRECHT

FABIANO DA SILVA BENTO

**O USO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA COMO SUBSÍDIO À
MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

RESUMO

Visando a produção de artigos com qualidade superior àquela percebida pelo cliente, as organizações contemporâneas estão buscando aprimorar seus processos produtivos para sobreviver em mercados cada vez mais acirrados (CORRÊA; CORRÊA, 2010). Nesse contexto encontram-se as manutenções industriais, atividades utilizadas para conferir mais confiabilidade aos processos produtivos. Dentre as manutenções mais conhecidas destacam-se as corretivas, as preventivas e as preditivas; além das manutenções detectiva, TPM e RCM, abordagens utilizadas por um número menor de organizações, devido, dentre outros fatores, a complexidade e investimentos demandados para sua consecução (BRANCO FILHO, 2008). Este trabalho teve como propósito estudar as manutenções preventiva e preditiva, sendo seu objetivo geral: verificar como as manutenções preditivas fornecem subsídios para as manutenções preventivas em uma indústria do ramo têxtil localizada em João Pessoa. Para tanto foi utilizada uma abordagem de pesquisa de cunho qualitativo, sendo empregada a técnica pesquisa participativa para obter os dados necessários à consumação dos resultados e, a análise de *template* para efetivar o diagnóstico final da pesquisa. O estudo verificou que as manutenções corretiva, preventiva e preditiva mantêm relações intrínsecas entre si, relacionando-se dinamicamente no ambiente produtivo da organização estudada. Assim sendo, conclui-se que as manutenções preditivas podem ser utilizadas para subsidiar as manutenções preventivas, otimizando-as e reduzindo o índice de ações de natureza corretiva no ambiente produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva. Processo Produtivo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ficha de registro de manutenção preditiva simplificada.....	41
Figura 2: Vibrômetro utilizado na empresa para realizar análise de vibração.....	42
Figura 3: Megômetro utilizado na organização para realizar análise de isolamento.....	42
Figura 4: Termômetro <i>raytek</i> usado pela empresa para verificar temperaturas.....	43
Figura 5: Multímetro utilizado na empresa para verificar tensões elétricas.....	43
Figura 6: Amperímetro usado pela organização para verificar correntes elétricas.....	44
Figura 7: Cronograma de manutenção preventiva do setor Tinturaria de Fios.....	45
Figura 8: Ordem de serviço usada na empresa.....	46
Figura 9: Ficha de instrução de manutenção preventiva.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Formas de verificação de falhas.....	19
Quadro 2: Benefícios da Manutenção.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

RCM – Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance*)

TPM – Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Delimitação do Tema e Formulação do Problema de Pesquisa	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Justificativa	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Conceitos	17
2.1.1 Prevenção de Falhas, Confiabilidade e Engenharia de Manutenção	18
2.2 Evolução Histórica	21
2.2.1 O surgimento das Manutenções Preventiva, Preditiva, TPM, Detectiva e RCM	23
2.3 Tipos de Manutenção Industrial	24
2.3.1 Função Estratégica da Manutenção Preventiva	29
2.3.2 Função Estratégica da Manutenção Preditiva	32
3. METODOLOGIA	36
3.1 Delineamento da Pesquisa	36
3.2 Universo da Pesquisa e Amostra	37
3.3 Coleta de Dados	38
3.4 Análise dos Dados e Definição de Termos e Variáveis	39
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
4.1 As Técnicas Utilizadas nas Manutenções Preditivas	40
4.2 Os Procedimentos Adotados nas Manutenções Preventivas	44

4.3 O dia-a-dia das Manutenções Corretivas	50
4.4 Os Registros das Atividades de Manutenção	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A administração da Produção e Operações é uma área estratégica da empresa, uma vez que é responsável pela produção dos bens ou prestação dos serviços que serão destinados ao mercado. Para existir, uma organização precisa ter um fim e este será necessariamente um bem, um serviço e em alguns casos bens e serviços, pois cada vez mais este pacote é apreciado pelas organizações para melhor atender às necessidades dos clientes. Dessa forma pode-se dizer que áreas como finanças, marketing e recursos humanos giram em torno do setor de produção objetivando agregar valor aos processos organizacionais como um todo (CORRÊA; CORRÊA, 2010).

A busca por resultados cada vez mais eficazes, para sobreviver em mercados amplamente competitivos, têm levado diversas organizações a investirem quantias exorbitantes em programas de qualidade total, prevenção e recuperação de falhas no ambiente produtivo. Qualidade e manutenção são atividades que interagem muito bem, mantendo relações recíprocas no ambiente produtivo, resultando na melhoria contínua dos processos (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2006). De acordo com esses autores, a manutenção é uma atividade de apoio aos programas de qualidade, uma vez que, essa leva ao aumento da confiabilidade dos processos, resultando em uma ampliação nos índices destes nas operações.

Nesse contexto encontra-se o conceito de manutenção, atividade voltada para evitar que os fluxos dos processos produtivos sejam interrompidos. Dentre as abordagens existentes sobre manutenção destacam-se as manutenções Corretiva, Preventiva, Preditiva, Detectiva, Manutenção Produtiva Total (TPM), e Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) (BRANCO FILHO, 2008).

Para Kardec e Nascif (2009) a manutenção corretiva é aquela realizada após a falha interromper o processo; a preventiva, é aquela que antecipa e evita o surgimento da falha; a preditiva, é a que monitora parâmetros que podem vir a ocasionar falhas; detectiva, é aquela que faz uso de mecanismos, como sensores, para detectar falhas difíceis de serem visualizadas pelas equipes técnica e operacional; TPM, é aquela que faz uma união entre as equipes de manutenção e operação para maximizar os resultados da manutenção; e a RCM, é o processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional.

As manutenções preventiva e preditiva são abordagens encontradas em todas as literaturas sobre manutenção e também as primeiras a surgirem como práticas que agregam valor aos processos produtivos (CORRÊA; CORRÊA, 2010).

Slack, Johnston, Chambers (2006), consideram o estudo dessas manutenções relevante, uma vez que proporcionam a otimização dos processos, através da redução e/ou eliminação do índice de falhas das operações. Logo, concluem os autores, uma empresa que tem um bom gerenciamento de manutenções Preventiva e Preditiva terá um retorno operacional consideravelmente satisfatório, visto que estarão agregando valor às suas operações, aumentando os benefícios, através da confiabilidade e, diminuindo os custos, através do gerenciamento das falhas.

1.1 Delimitação do Tema e Formulação do Problema de Pesquisa

As manutenções contribuem de forma diferente para a eficácia dos processos produtivos. Há casos em que a manutenção corretiva é mais viável que a preventiva, em outras situações a preventiva se mostrará mais vantajosa. Em outros episódios será necessário unir dois ou mais tipos de manutenção para se obter os resultados almejados como, por exemplo, a TPM com a preventiva ou esta com a preditiva e assim sucessivamente, dependendo da situação e dos fatores envolvidos na operação (BRANCO FILHO, 2008).

A literatura sobre manutenções preventiva e preditiva revelam que estas podem ser consideradas fatores estratégicos no ambiente produtivo, visto que seu principal objetivo é prevenir falhas e aumentar a confiabilidade dos processos. Dessa forma percebe-se a necessidade de estudar as relações existentes entre esses dois tipos de manutenções, pois dentre as abordagens existentes que agregam valor aos processos, estas são as mais conhecidas e apresentam uma sinergia muito forte entre si (KARDEC; NASCIF, 2009).

Assim sendo, o problema de pesquisa trabalhado nesse estudo é: como as manutenções preditivas subsidiam as manutenções preventivas em uma empresa do ramo têxtil localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar como as manutenções preditivas fornecem subsídios para as manutenções preventivas em uma empresa do ramo têxtil localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Selecionar setor e equipamentos para estudar como as manutenções são realizadas;
- Descrever como as manutenções preventiva e preditiva são executadas;
- Identificar o número de manutenções preventiva e preditiva efetivadas pela organização no período de coleta de dados;
- Comparar o comportamento da manutenção preventiva, quando esta é auxiliada pelas preditivas.

1.3 Justificativa

A manutenção por si só já é uma forma de agregar valor à organização e seus *stakeholders*. Estudá-las significa buscar meios para melhorar continuamente suas atividades. Pensar em manutenção não se restringe a máquinas e equipamentos, mas as relações que a empresa mantém com seus agentes internos e externos. Dessa forma as manutenções beneficiam o sistema organizacional como um todo, contribuindo para a otimização das relações existentes entre as partes (CORRÊA; CORRÊA, 2010).

Segundo Slack, Johnston, Chambers (2006), a prática das manutenções preditiva e preventiva é considerada na atualidade um fator que gera diferencial competitivo a longo prazo, através do aumento da vida útil de máquinas e equipamentos, ampliação da confiabilidade e diminuição das falhas durante o processo produtivo; contribuindo dessa forma para o aumento da produtividade.

Vale salientar que ao realizar manutenção preditiva em suas instalações físicas, máquinas e equipamentos, e bens intangíveis como softwares, as organizações podem analisar parâmetros como: vibrações de bombas e motores, gráficos de processos, listas de alarmes, consumos excessivos de água, energia elétrica, vapor e gás, temperaturas de maquinários e ambientes etc.. A partir dessas informações pode-se elaborar relatórios para subsidiar as manutenções preventivas. Logo, percebe-se que essas informações podem ser bastante relevantes, visto que quando a máquina estiver a disposição da equipe de manutenção, estes podem priorizar as anomalias detectadas pela manutenção preditiva, como vibrações elevadas, equipamentos sobreaquecidos, índice elevado de manutenção corretiva, etc. (BRANCO FILHO, 2008).

A atividade manutenção deve ser considerada uma prática estratégica, porém a mesma precisa estar voltada para os resultados organizacionais. É preciso deixar de ser apenas

eficiente ou eficaz e se tornar efetivo, ou seja, não basta reparar, é preciso manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para Branco Filho (2008) a melhor maneira de resolver os problemas de manutenção de uma organização é uma combinação de ações e estratégias, onde o risco seja o menor possível e as despesas sejam apenas as necessárias. Para o autor a manutenção Corretiva deve ser usada em situações em que é mais viável substituir do que reparar; a Preventiva onde os procedimentos sugeridos pelo fabricante mostram-se necessários e suficientes e/ou em situações que gerem insegurança para o equipamento, a instalação e os usuários; e a Preditiva onde o gasto em inspeção e monitoramento seja menor que o custo da falha.

Este estudo verificou se a partir das Manutenções Preditivas podem-se extrair informações relevantes para a realização das Manutenções Preventivas. Portanto sua relevância evidencia-se por ter acurado como se dá a relação entre essas duas abordagens de manutenção na prática, contribuindo para a eficácia dos processos organizacionais que fazem uso delas.

Assim sendo, pode-se destacar como contribuição teórica do estudo a averiguação, na prática, do que é exposto na teoria; e como contribuição prática menciona-se a análise dos benefícios de praticar manutenção preditiva e preventiva concomitantemente. Além disso, do ponto de vista acadêmico, a pesquisa pode ser utilizada como subsídio para novos estudos, podendo ser aprofundada na organização estudada ou comparada com resultados obtidos em outros ambientes organizacionais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A manutenção é uma temática nova na atmosfera produtiva, se comparada ao tempo que a Administração da Produção e Operações existe, tendo menos de cem anos. A história destas tem início com a Revolução Industrial, época em que os paradigmas criados pela revolução exigiam uma prática corretiva no ambiente produtivo (BRANCO FILHO, 2008).

Décadas depois, no Japão, com o fim da Segunda Guerra Mundial, o povo japonês agregou conceitos de qualidade, disciplina, eliminação de desperdícios e em especial a prevenção de falhas, através da prática das Manutenções Preventiva, para competir em um mercado, até então, dominado pelas indústrias norte americanas. Logo, os conceitos de manutenção deram uma grande contribuição para a formação da filosofia japonesa de produção, tornando-se posteriormente referencial para outras culturas (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.1 Conceitos

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 5462/1994, conceitua manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado em que possa desempenhar uma função requerida (PILON, 2007).

Slack, Johnston, Chambers (2006), por sua vez, conceituam a mesma palavra como o termo utilizado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas.

O mesmo raciocínio é seguido por Corrêa e Corrêa (2010). Para os autores, manutenção é o conjunto de atividades organizadas na operação com o objetivo de manter os recursos físicos operacionais em bom estado de funcionamento e prontos para o uso, quando necessários.

De acordo com Branco Filho (2008) a manutenção é a metodologia que propõe manter a produção operando sem interrupções, funcionando como uma ferramenta que agrega valor aos processos, visto que proporciona um aumento significativo da produção, sem que sejam despendidos grandes investimentos; desde que gerenciada de forma adequada e de acordo com as políticas e estratégias produtivas e organizacionais.

Os quatro conceitos levam a um único pensamento, prevenção e recuperação de falhas no ambiente produtivo, principal objetivo das manutenções. Ao abordarem o estudo da manutenção, as teorias citam a importância de um bom gerenciamento de falhas, enfatizando

que estas podem resultar em consequências que vão de um simples desconforto a perdas financeiras, de imagem, de vidas humanas e mesmo ao comprometimento de um ecossistema, concluindo que sua ocorrência em qualquer magnitude nos recursos físicos tem influência negativa sobre a operação (KARDEC; NASCIF, 2009).

A definição de manutenção mostra que não basta ter um bom projeto, mas é preciso também adquirir condições adequadas para o funcionamento do equipamento e, principalmente, pessoas capacitadas para manter o fluxo contínuo dos processos produtivos, prevenindo e solucionando falhas (BRANCO FILHO, 2008).

Segundo Corrêa e Corrêa (2010), os conhecimentos sobre manutenções são essenciais para gestores que atuam no âmbito empresarial devido à competitividade, pois além de conceitos são necessárias práticas que mostrem que a empresa é dinâmica e está preparada para enfrentar eventuais falhas na produção.

Ambas as colocações prevêm reduções de custos e de variáveis negativas no processo produtivo, por meio do gerenciamento da relação intrínseca existente entre todos os processos que compõem uma determinada operação (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.1.1 Prevenção de falhas, Confiabilidade e Engenharia de Manutenção

Segundo Slack, Johnston e Chambers (2006), o conceito de prevenção de falhas surgiu com a introdução dos métodos japoneses de melhoramento da produção industrial, expandindo-se recentemente para as operações de serviços. No ambiente produtivo, elas ocorrem por razões muito diferentes, podendo ser agrupadas em:

- Aquelas que têm sua fonte dentro da operação produtiva, porque seu projeto global foi malfeito ou porque suas instalações (máquinas, equipamentos e edifícios) ou pessoal falharam;
- Aquelas que são causadas por falhas no material ou informações fornecidas à operação produtiva;
- Aquelas que são causadas por ações dos clientes.

Estes autores também ressaltam que as falhas raramente são o resultado de aleatoriedades; sua causa primeira normalmente é falha humana. As consequências disso são, primeiro, que as falhas podem, até certo ponto, ser controladas; e segundo, que as organizações podem aprender com elas e conseqüentemente modificar seu comportamento.

No Quadro 1 são apresentadas as formas que existem para verificar essas falhas, com seus respectivos conceitos.

Quadro 1: Formas de verificação de falhas

Forma de Verificação	Conceito
Taxa de falhas	a frequência com que uma falha ocorre.
Confiabilidade	a probabilidade de uma falha ocorrer.
Disponibilidade	o período de tempo útil disponível para a operação.

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston, Chambers (2002).

Para finalizar a temática das falhas, citam-se os diversos mecanismos que existem para procurar falhas de forma proativa, na acepção de Corrêa e Corrêa (2010):

- Verificações no processo: os empregados verificam se o serviço é aceitável durante o próprio processo;
- Diagnósticos de máquinas: uma máquina é testada fazendo-se com que passe por uma sequência prescrita de atividades planejadas para revelar quaisquer falhas ou falhas potenciais;
- Entrevistas na saída: no final de um serviço, o pessoal pode, formal ou informalmente, verificar se o mesmo foi satisfatório e procurar descobrir problemas, assim como obter elogios;
- Pesquisas telefônicas: podem ser usadas para solicitar opiniões sobre produtos e serviços;
- Grupos de foco: são grupos de clientes aos quais se pede que, em conjunto, focalizem alguns aspectos de um produto ou serviço. Podem ser usados para descobrir problemas específicos ou atitudes mais gerais em relação ao produto ou serviço;
- Fichas de reclamações ou folhas de feedback: são usadas por muitas organizações para solicitar pontos de vista sobre os produtos e serviços. O problema, nesse caso, é que poucas pessoas tendem a complementá-las. É possível, entretanto, identificar os que respondem e acompanhar qualquer problema individual;

- Questionários: podem gerar uma taxa de resposta ligeiramente mais alta do que as fichas de reclamações. Podem, entretanto, gerar somente informações gerais, pelas quais é difícil identificar queixas individuais específicas.

Para Slack, Johnston e Chambers (2002), o gestor de operações é responsável por decidir e adotar ações que evitem ocorrência de falhas, incluindo nessas ações, atividades de prevenção e aumento da confiabilidade, com o objetivo de manter os recursos físicos disponíveis e funcionando de maneira adequada.

Kardec e Nascif (2009) destacam nessa perspectiva o papel da Engenharia de Manutenção, atividade que procura aplicar técnicas modernas e ficar nivelado com as tendências que surgem a cada dia. Segundo os autores a Engenharia de Manutenção é o suporte técnico da manutenção que está dedicado a consolidar a rotina e implantar a melhoria, tendo como principais atribuições:

- Aumentar a confiabilidade;
- Aumentar a disponibilidade;
- Melhorar a manutenibilidade;
- Aumentar a segurança;
- Eliminar problemas crônicos;
- Solucionar problemas tecnológicos;
- Melhorar a capacitação do pessoal;
- Gerir materiais e sobressalentes;
- Criar continuamente novos projetos de melhoria;
- Dar suporte a execução;
- Fazer análise de falhas e estudos;
- Elaborar planos de manutenção e inspeção, fazendo uma análise crítica;
- Acompanhar indicadores;
- Zelar pela documentação técnica.

Por fim Corrêa e Corrêa (2010) citam algumas áreas que merecem a atenção do gestor para a redução dos efeitos das falhas e consequente aumento da confiabilidade das operações:

- Procedimentos e comunicação: todos os envolvidos deverão saber o que fazer, a quem comunicar a falha ou a quem solicitar ações de correção ou apoio (interno ou externo); a comunicação deverá ser fácil e rápida;
- Organização: equipamentos, peças, ferramentas, desenhos, especificações, instruções, números de telefones, contatos etc. devem ser fácil e rapidamente obtidos; o tempo de procurar coisas consome tempo de reparação e aumenta as perdas;
- Padronização: a padronização permite redução dos estoques de reposição, facilita o treinamento e reduz o tempo da correção;
- Treinamento: com treinamento, os próprios usuários podem fazer pequenos reparos, sem a intervenção do pessoal da manutenção; por exemplo, substituição de filtros, correias, mangueiras pneumáticas etc.

Logo, as manutenções podem, de acordo com esses autores, reduzir as falhas nas operações, através do aumentando da qualidade e da confiabilidade dos processos produtivos. Dessa forma torna-se relevante verificar a evolução dessa temática ao longo do tempo.

2.2 Evolução Histórica

Até o início do século XX a manutenção tinha importância secundária e era executada simplesmente como uma parte integrante da produção. Com a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas sentiram a necessidade de criar equipes de trabalho que pudessem efetuar reparos nos equipamentos em operação, no menor tempo possível (PILON, 2007).

Antes da Revolução Industrial a produção de bens era feita sobre encomenda, na maioria das vezes de modo artesanal. Basicamente não havia produção em série de artigos ou produtos, com ressalva para a produção de tecidos (Branco Filho, 2008). De acordo com esse autor, os primeiros profissionais da área de manutenção surgiram após a Revolução Industrial, sendo classificados como mecânicos e lubrificadores.

Após a Primeira Guerra Mundial, acompanhando a evolução da indústria, a manutenção passou a existir em quase todas as unidades fabris, sendo focada em atividades desenvolvidas após a quebra ou parada dos equipamentos por falhas. Essa é a Manutenção Corretiva que conhecemos atualmente (BRANCO FILHO, 2008).

De acordo com Costa, Brochado e Pithon (2008) a partir de 1930 a história da manutenção pode ser dividida em quatro gerações:

- Primeira Geração, abrangendo o período antes da Segunda Guerra Mundial (1930 à 1950);
- Segunda Geração (1950 à 1970), período conhecido como pós-guerra;
- Terceira Geração (a partir de 1970), era de transformação na indústria, com o surgimento e/ou aperfeiçoamento de filosofias de produção, como o just in time no Japão;
- Quarta Geração, correspondente ao início do século XXI até os dias atuais.

Para Kardec e Nascif (2009), essa evolução pode ser descrita da seguinte maneira:

- (1) Primeira Geração: No período anterior a Segunda Guerra Mundial a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. A produtividade não era prioritária, assim, executava-se simplesmente a manutenção corretiva não planejada. A visão em relação às falhas dos equipamentos era que estes se desgastavam com o passar do tempo, vindo a sofrer falhas ou quebras. A competência que se buscava era a habilidade do manutentor em realizar o reparo necessário.
- (2) Segunda Geração: Após a Segunda Guerra Mundial houve uma grande demanda por todo o tipo de produto, como consequência surgiu um aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais. Assim, para atender a essa demanda e complexidade surgiu o conceito de Manutenção Preventiva e TPM, cujos focos eram realizar a manutenção periódica, baseada no histórico de funcionamento do equipamento, ou de orientações dos manuais.
- (3) Terceira Geração: Teve início a partir da década de 1970, onde houve um acelerado processo de mudança nas indústrias, com a preocupação com a confiabilidade dos produtos e processos. Nesse período desenvolveu-se a informática e com ela a automatização e o conceito de acompanhamento e análise dos processos (Manutenção Preditiva e Manutenção Detectiva), o que gerou a busca por melhores padrões de qualidade e confiabilidade.

- (4) Quarta Geração: as estruturas em rede cresceram substancialmente a partir do fim do século XX, e com ela a necessidade de aperfeiçoar ainda mais os padrões de qualidade e confiabilidade da produção. Com a integração dos mercados e consequentemente o aumento da competitividade, as práticas de Manutenção Preventiva, Preditiva, Detectiva, TPM e RCM foram aperfeiçoadas para atender as exigências dessa nova era de integralização de mercados e preocupação com o crescimento sustentável. Nesse momento a ênfase está na qualidade, na confiabilidade, no atendimento das necessidades do cliente, na higiene e segurança do trabalho, e no crescimento sustentável e efetivo.

2.2.1 O surgimento das Manutenções Preventiva, Preditiva, TPM, Detectiva e RCM

De Souza *et al.* (2010) afirmam que durante a década de 1940, empresas japonesas trabalhavam utilizando o sistema de Manutenção Corretiva, ou seja, deixavam o equipamento operar até quebrar ou falhar para então, realizar a ação corretiva.

Já na década de 1950, iniciou-se no Japão o sistema de Manutenção Preventiva, trazido dos Estados Unidos, no qual há o acompanhamento das condições físicas e prevenção da vida útil dos equipamentos, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos de tempos definidos (DE SOUZA *et al.*, 2010).

Ao final da década de 1950, a manutenção preventiva foi aperfeiçoada pelos japoneses, que iniciaram a realização de consertos no equipamento quando necessário, porém sem deixá-lo falhar ou quebrar, devido a um acompanhamento direto, constante e contínuo. A partir da década de 1960, foi criado o conceito de manutenção autônoma, em que os operadores assumiam responsabilidades sobre a máquina de atuação, e duas décadas depois em 1970 surgiram as primeiras práticas de monitoração e acompanhamento de processos, o que chamamos hoje de Manutenção Preditiva (DE SOUZA *et al.*, 2010).

Após a Segunda Guerra Mundial, empresas japonesas buscavam alcançar metas e reconstruir seu território, tendo como objetivo principal, recompor as indústrias que estavam, até então, bastante envolvidas na produção militar. Por questões de sobrevivência, o Japão precisava produzir e exportar, tendo para isso, que vencer o principal desafio de reverter a reputação de produtor de segunda categoria, devido a exportação de bens de má qualidade antes da Segunda Guerra Mundial (DE SOUZA *et al.*, 2010). Segundo esses autores, foi dentro deste grande movimento japonês em busca da qualidade que se desenvolveu anos

depois efetivamente, a partir do aperfeiçoamento das práticas de Manutenções Preventiva e Preditiva, o que atualmente conhecemos como TPM.

Com o passar do tempo e o avanço da tecnologia surgiu na década de 1990 o conceito de Manutenção Detectiva e com o fim do século XX e início do século XXI, os conceitos de qualidade e confiabilidade se intensificaram ainda mais, fazendo surgir a abordagem de manutenção denominada RCM (KARDEC; NASCIF, 2009).

Contudo nos dias atuais a manutenção industrial vem se destacando como importante setor de apoio às atividades relacionadas à produção, com destaque para as Manutenções Preventiva, Preditiva, Detectiva, TPM e RCM. No passado (Primeira Geração), esse setor era visto como um agregado da própria produção e o foco era na prática de Manutenção Corretiva, abordagem que na maioria das situações não agrega valor aos processos; porém a partir da Segunda Geração Mundial a manutenção passou a envolver-se diretamente com as principais questões dos processos produtivos, tanto a relacionada à produtividade, quanto à qualidade. Seu destaque tem sido verificado pelas empresas no que tange à sua importância e ao seu potencial de contribuição para os momentos nos quais a organização necessita estar com seu processo estável, preparada para enfrentar crises e/ou concorrências em um ambiente competitivo e dinâmico, (BONIFÁCIO; VAZZOLER, 2007).

2.3 Tipos de Manutenção Industrial

Antes de dissertar sobre as várias abordagens existentes sobre manutenção, vale lembrar alguns benefícios que a prática destas podem trazer para as organizações. O Quadro 2 elenca de forma simplificada esses benefícios.

Quadro 2: Benefícios da manutenção

Benefício	Descrição
Segurança melhorada	Instalações bem mantidas têm menor probabilidade de se comportar de forma não previsível ou não padronizada, ou falhar totalmente, e todas podem apresentar riscos para o pessoal.
Confiabilidade aumentada	Conduz a menos tempo perdido com concerto das instalações, menos interrupções das atividades normais de produção, menos variação da taxa de produto gerado.
Qualidade maior	Equipamentos mal mantidos têm maior probabilidade de desempenho abaixo do padrão e causar problemas de qualidade.
Custos de operações mais baixos	Muitos elementos de tecnologia de processo funcionam mais eficientemente quando recebem manutenção regulamente
Tempo de vida mais longo	Cuidado regular, limpeza ou lubrificação podem prolongar a vida efetiva das instalações, reduzindo os pequenos problemas na operação, cujo efeito cumulativo causa desgaste ou deteriorização.
Valor final mais alto	Instalações bem mantidas são geralmente mais fáceis de vender no mercado de segunda mão.

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston e Chambers (2006).

Branco Filho (2008) classifica as manutenções em Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Detectiva, Manutenção Produtiva Total (TPM), e Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM).

Segundo Pilon (2007), a Manutenção Corretiva pode ser classificada e descrita como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento. Associada a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos:

- (1) Paliativa: compreende as intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de colocar o equipamento em funcionamento, para, a seguir, executar o reparo definitivo;
- (2) Curativa: compreende as intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à função requerida.

Para Kardec e Nascif (2009), por sua vez, a Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado, podendo ser classificada como:

- (1) Corretiva Planejada: correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. Normalmente essa decisão se baseia na modificação dos parâmetros de condições observados pela Manutenção Preditiva;
- (2) Corretiva Não Planejada, também conhecida como Manutenção Corretiva Não Programada ou simplesmente Emergencial: correção da falha ou desempenho de maneira aleatória. Não há tempo para preparação do serviço e implica custos elevados, visto equipamento ou sistema parado, aguardando ação corretiva.

As colocações de Pilon (2007) e Kardec e Nascif (2009) não se opõem, se complementam, uma vez que, ambos definem Manutenção Corretiva como uma intervenção após o surgimento da falha e consequente paralisação do processo.

Segundo Corrêa e Corrêa (2010) as manutenções corretivas devem ser adotadas em situações em que:

- Os modos de falha não justificam os custos da prevenção: por exemplo, término de tinta nos cartuchos de impressora, aparelhos telefônicos, monitores de vídeo etc.;

- A falha não é previsível: nesses casos, não haveria qualquer vantagem na utilização de uma preventiva, por exemplo, pois as probabilidades de falhas permaneceriam iguais antes e depois delas; é o caso, por exemplo, das quebras acidentais ou da queima de fusíveis, ou mesmo da própria interrupção do fornecimento de energia elétrica, água, gás, vapor etc.

A Manutenção Preventiva, por sua vez, é definida por Pilon (2007) como a situação em que se caracterizou o defeito, porém este não torna o equipamento indisponível. Sendo assim, essa forma de manutenção é realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência de falha. Quando a lei de degradação é conhecida, a manutenção preventiva é denominada sistemática. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, à medida que é utilizado, o qual ocorre de modo mais acelerado se o mesmo for operado inadequadamente. A Manutenção Preventiva é adequada em sistemas onde existam riscos ao meio ambiente e ao pessoal; e em operações complexas, em que o custo da falha é muito elevado. O programa de manutenção deve ser bem executado, pois, caso contrário, em vez de benefícios a intervenção causará prejuízos à organização.

Já a Manutenção Preditiva ocorre quando se aplica supervisão contínua dos parâmetros de controle. Esta tem importância fundamental neste aumento da produtividade. Assim, uma manutenção baseada no acompanhamento dos sinais vitais do equipamento, age antecipadamente à quebra (PILON, 2007).

Como afirma Branco Filho (2008), além das Manutenções Corretiva, Preventiva e Preditiva, ainda existem as Manutenções Detectiva, TPM e RCM.

De acordo com Kardec e Nascif (2009) a Manutenção Detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 1990 e pode ser conceituada como a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle; buscando detectar falhas ocultas, imperceptíveis a equipe de operação e manutenção.

Por ter surgido a pouco mais de duas décadas, a Manutenção detectiva mostra-se muito incipiente, mas apresenta uma tendência de crescimento. Sua importância aumenta a cada dia, visto o avanço dos sistemas automatizados (KARDEC; NASCIF, 2009).

A TPM ou *Total Productive Maintenance* é uma filosofia japonesa de manutenção para aumentar a disponibilidade total da instalação, a qualidade do produto e a utilização dos recursos. Baseia-se na premissa de que as causas das falhas e a má qualidade são interdependentes. Para ser implantada, a TPM requer muito treinamento, disciplina, limpeza e participação total de todos envolvidos direto ou indiretamente na operação, ou seja, essa

abordagem requer a participação das equipes operacionais, técnicas e de engenharia (BRANCO FILHO, 2008).

A TPM surgiu na década de 1950, no Japão, sendo implantada pela primeira vez em 1970 pela empresa *Nippon Denso KK*, integrante do Grupo *Toyota*; sendo estruturada em oito pilares (DE SOUZA *et al*, 2010):

- Melhoria Focada: Reduzir os problemas para melhorar o desempenho;
- Manutenção Autônoma: Elaboração e cumprimento de padrões;
- Manutenção Planejada: Planejar e controlar a manutenção;
- Educação e Treinamento: capacitar o corpo operacional, técnico e gerencial;
- Controle Inicial: Monitoramento das falhas desde cedo;
- Manutenção da Qualidade: desenvolvimento de um programa de zero defeito;
- TPM Office: Estabelecimento de um programa de TPM;
- Segurança ou She: criação de um sistema de saúde, segurança e meio ambiente.

Segundo Kardec e Nascif (2008) a TPM é uma abordagem onde se busca a prevenção da manutenção, através da:

- (1) Execução de atividades de manutenção de forma espontânea (lubrificações, regulagens, etc.) pelos próprios operadores;
- (2) Execução de tarefas na área técnica (serviços mecânicos e elétricos) pelos mantenedores;
- (3) Elaboração, planejamento e desenvolvimento de equipamentos que não exijam manutenção (rolamentos e sensores blindados, por exemplo) pelos profissionais de engenharia.

Apesar de ser uma tendência, a TPM tem um problema, principalmente no Brasil. Na maioria das vezes a abordagem é implantada e aos poucos vai sendo abandonada e posteriormente é retomada, formando um ciclo repetitivo que fica mais oneroso a cada retomada e se distancia dos objetivos almejados (KARDEC; NASCIF, 2009).

Por fim temos a RCM ou *Reliability Centered Maintenance*, abordada por Kardec e Nascif (2009) como uma metodologia que estuda um equipamento ou um sistema em

detalhes, analisando como ele pode falhar e definindo a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes destas.

Para implantar essa abordagem de manutenção, a organização deve fazer uso das sete questões básicas da RCM, na ótica de Kardec e Nascif (2009):

- Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
- De que forma ele falha ao exercer suas funções?
- O que causa cada falha operacional?
- O que acontece quando ocorre cada falha?
- De que forma cada falha tem importância?
- O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- O que deve ser feito, se não for encontrada um procedimento preventivo adequado?

Segundo esses mesmos autores, depois de implantada a RCM proporciona:

- Aprimoramento do desempenho operacional;
- Melhor relação custo-benefício;
- Melhoramento das condições ambientais e de segurança;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Criação de um banco de dados de manutenção;
- Maior motivação do pessoal;
- Maior compartilhamento dos problemas de manutenção;
- Geração de maior senso de equipe.

Os resultados obtidos com a RCM a colocam no topo das melhores práticas de manutenção na atualidade, porém esta é uma ferramenta precisa e usualmente mais bem sucedida em áreas selecionadas, ao invés de em toda a organização (KARDEC; NASCIF, 2009).

Essas abordagens de manutenção – Corretiva, Preventiva, Preditiva, Detectiva, TPM e RCM – destacam-se na sociedade contemporânea, em especial no ambiente industrial,

contribuindo para o aumento da produtividade e da confiabilidade das operações (BRANCO Filho, 2008).

2.3.1 Função Estratégica da Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva surgiu com o avanço das indústrias aeronáuticas, a partir do desenvolvimento de métodos que garantissem a permanência de uma aeronave em voo, por um determinado tempo. O desenvolvimento dessas técnicas é o que chamamos hoje de Manutenção Preventiva, visto que para desenvolver esta é necessário que o equipamento ou sistema não esteja operando; assim como não é possível efetuar reparos na maior parte dos equipamentos, que compõem um avião, em voo (BRANCO FILHO, 2008).

De acordo com Kardec e Nascif (2009) Manutenção Preventiva é aquela realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, tendo como foco a diminuição ou eliminação das falhas.

Segundo Branco Filho (2008) Manutenção Preventiva é todo trabalho realizado em equipamentos que estejam em condições operacionais, ainda que com algum defeito. O autor classifica esta em dois tipos:

- (1) Manutenção Preventiva Baseada na Condição ou Preventiva por Estado: todo trabalho realizado em equipamentos que estejam em condições operacionais, devido à detecção de degradação de parâmetros do aparelhamento. Geralmente é realizada nas proximidades da falha ou no momento mais oportuno, considerando fatores operacionais e financeiros.
- (2) Manutenção Preventiva Sistemática: todo trabalho executado em equipamentos que estejam em condições operacionais, de modo sistemático, seja por tempo transcorrido, quilômetros rodados ou qualquer outra variável.

Segundo Kardec e Nascif (2009) os fabricantes devem fornecer dados precisos para a adoção dos planos de Manutenção Preventiva, pois condições operacionais e ambientais influem de modo significativo na expectativa de degradação dos equipamentos, logo a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação ou no máximo plantas similares operando em condições também similares.

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2009), ao longo da vida útil do equipamento não pode ser descartada a falha entre duas intervenções preventivas, o que, obviamente,

implicará uma ação corretiva, logo os seguintes fatores devem ser levados em consideração para a adoção de uma política de Manutenção Preventiva:

- Quando não é possível a Manutenção Preditiva;
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam necessária a intervenção, normalmente para substituição de componentes;
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- Riscos de agressão ao meio ambiente;
- Em sistemas complexos e/ou de operação contínua.

Para Branco Filho (2008) o uso da Manutenção Preventiva é adequado em quadros onde se deseja manter o “*status quo*” porque se está satisfeito com ele. As melhorias são consideradas desnecessárias e os custos estão adequados. O autor destaca o paradigma: “time que está bom não se mexe”, existente em situações como essa.

A Manutenção Preventiva será conveniente quando a reposição for simples; quando os custos das falhas forem altos; quando as falhas prejudicarem, com demasia, a produção e quando estas implicarem na segurança pessoal e operacional (KARDEC; NASCIF, 2009).

Corrêa e Corrêa (2010) abordam que a Manutenção Preventiva enfatiza atividades para a redução das falhas e consequente eficiência de custos. Para os autores as áreas que devem ser focadas, quando no desenvolvimento desse tipo de manutenção são:

(1) Planejamento:

- Análise crítica: Comparar o que é especificado com o que seria adequado; pode estar havendo excesso de manutenção somente para cumprir uma especificação ou, ainda, as manutenções podem não estar gerando ganho efetivo de confiabilidade que justifique seus custos.
- Procedimentos: Deverão ser formais, claros e com todas as informações necessárias á intervenção; perde-se normalmente muito tempo buscando ou entendendo as informações.
- Atribuição das responsabilidades: Cuidado especial deve ser tomado em definir “quem” deve fazer “o que”
- Adoção de procedimentos de troca rápida
- Índices de desempenho: Adotar ou criar, administrar e acompanhar índices de desempenho; eles deverão refletir os objetivos da manutenção (custos, paradas,

set-ups etc.), deverão estar alinhados com os objetivos estratégicos da operação e ser divulgados para todos os envolvidos.

- Registros: A manutenção de registros históricos com recuperação fácil é imprescindível na análise das falhas e na identificação de oportunidades de melhoria.
- Análise dos registros: Ações do tipo “verificar e substituir se necessário” devem ser objetos de análises por parte do planejamento; substituições frequentes indicam períodos de verificação excessivamente longos; poucas substituições indicam oportunidades de diminuição das frequências e verificação e correspondentes aumentos na eficiência das ações.

(2) Programação:

- Atividade: As atividades deverão ser ajustadas às demais funções (produção, qualidade etc.)
- Tempo: Os tempos de obtenção de peças, ferramentas, informações etc. devem ser todos tempos externos; não devem estar incluídos no tempo de máquina parada.

(3) Organização:

- Lugar: Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar, por exemplo, “filosofia 5Ss”.
- Layout: As ferramentas, as informações, os dispositivos, os calibradores etc. devem estar, sempre que possível, próximo dos pontos de utilização.
- Redução dos tempos: A redução dos tempos de “procurar” normalmente é uma boa oportunidade de melhoramento na eficiência das ações.

(4) Envolvimento e participação das demais funções nas ações de manutenção:

- Responsabilidade: A responsabilidade por atividades simples de manutenção pode ser passada, com o devido treinamento, aos demais colaboradores. Nessas atividades, o pessoal de manutenção tem a responsabilidade pelo treinamento, auditoria e apoio. As atividades devem ser realizadas aproveitando o tempo de parada dos recursos por outros motivos.

Se, por um lado, a Manutenção Preventiva proporciona um conhecimento prévio das ações, permitindo uma boa condição de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além de previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes, por outro promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para execução dos serviços programados. Assim, possíveis questionamentos e críticas à política de Manutenção Preventiva sempre serão levantados em equipamentos, sistemas ou plantas onde o conjunto de fatores não seja suficientemente forte ou claro para manter essa política (KARDEC; NASCIF, 2009).

Na acepção de Branco Filho (2008) não é indicado usar apenas Manutenção Preventiva em cenários onde se deseja aumentar a vida útil dos equipamentos ou maximizar a lucratividade e diminuir os custos da organização.

Por fim destaca-se outro ponto negativo com relação à Manutenção Preventiva, na ótica de Kardec e Nascif (2009). Para os autores durante a realização da Manutenção Preventiva pode ocorrer a introdução de defeitos não existentes no equipamento devido a:

- Falha humana;
- Falha de sobressalentes;
- Danos durante partidas e paradas;
- Falha dos procedimentos de manutenção.

Portanto deve-se verificar as vantagens e desvantagens de cada situação, buscando adotar a Manutenção Preventiva quando esta for cabível, trazendo os resultados almejados e definidos pelas estratégias produtiva e organizacional (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.3.2 Função Estratégica da Manutenção Preditiva

A Manutenção Preventiva aliada ao uso de medições e acompanhamento periódico dos equipamentos introduziu na década de 1960-1970 o conceito de Manutenção Preditiva ou Controle Preditivo de Manutenção (BRANCO Filho, 2008).

A Manutenção Preditiva, também conhecida por Manutenção sob Condição ou Manutenção com Base no Estado do Equipamento, pode ser definida como a atuação realizada com base no monitoramento de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para Branco Filho (2008) Manutenção preditiva é todo trabalho de acompanhamento e monitoração das condições do equipamento, de seus parâmetros operacionais e sua

degradação; sendo esses procedimentos uma das formas mais eficientes e baratas de estratégias de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2009) a Manutenção Preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção e cresce à medida que o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitem a avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais em funcionamento. Logo seu objetivo é prevenir as falhas nos equipamentos ou sistemas através do acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à Manutenção Preditiva é o de prever as condições dos equipamentos, ou seja, esta privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o mesmo operando (KARDEC; NASCIF, 2009).

As Manutenções Preditivas são adequadas onde o custo da falha é considerável e as despesas com essa técnicas são menores que as eventuais despesas com reparos, indenizações e perda de produção (BRANCO Filho, 2008).

Corrêa e Corrêa (2010) citam as circunstâncias em que devem ser aplicadas as manutenções preditivas. São elas:

- (1) Situações em que a manutenção é excessivamente dispendiosa, seja pelos custos de manutenção em si, seja pelos custos devidos às paradas dos recursos;
- (2) Situações em existam possibilidades de monitoramento de condições determinantes de falhas, como vibrações, ruídos, temperaturas etc.

Na aceção de Kardec e Nascif (2009) quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção. Segundo esses autores para implantar um sistema de Manutenção Preditiva é preciso verificar as condições básicas para essa implantação e listar os fatores a serem analisados pela manutenção, os quais implicam em benefícios para a organização.

(1) Condições básicas para adotar a Manutenção Preditiva são:

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

(2) Fatores indicados para análise da adoção de política de Manutenção Preditiva são:

- Aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional;
- Redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias;
- Manter os equipamentos operando, de modo seguro, por mais tempo.

Para Kardec e Nascif (2008) a redução de acidentes por falhas “calamitosas” em equipamentos é significativa. Ao utilizar a Manutenção Preditiva a ocorrência de falhas não esperadas fica extremamente reduzida, o que proporciona, além do aumento de segurança pessoal e da instalação, redução de paradas inesperadas da produção que, dependendo do tipo de operação, implicam consideráveis prejuízos. Segundo as ideias desses autores os custos envolvidos nessa abordagem de manutenção devem ser analisados pelos seguintes ângulos:

- O acompanhamento periódico através de instrumentos/aparelhos de medição e análise não é muito elevado e quanto maior o progresso na área de microeletrônica, maior a redução dos preços. A mão de obra envolvida não apresenta custo significativo, haja vista a possibilidade de acompanhamento, também, pelos operadores.
- A instalação de sistemas de monitoramento contínuo on-line apresenta um custo inicial relativamente elevado. Em relação aos custos envolvidos, estima-se que o nível inicial de investimento é de 1% do capital total do equipamento a ser monitorado e que um programa de acompanhamento de equipamentos bem gerenciado apresenta uma relação custo/benefício de 1/5.

As inspeções instrumentadas e não instrumentadas; a monitoração on-line; as técnicas de análise de óleo lubrificante e termografia; a medição de ruídos, vibrações, temperaturas, tensões e correntes elétricas; os testes e ensaios não destrutivos e periódicos; etc. são exemplos de técnicas preditivas e constituem um modo de aumentar a vida útil do equipamento e fazer Manutenção Preventiva apenas quando necessário (BRANCO Filho, 2008). Kardec e Nascef (2009) complementam esse raciocínio, abordando que a Manutenção Preditiva é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta.

Contudo para que a Manutenção Preditiva ofereça os retornos esperados é fundamental que a mão de obra da manutenção responsável pela análise e diagnóstico seja bem treinada, ou seja, não basta medir; é preciso analisar os resultados e formular diagnósticos. Embora isso possa parecer óbvio, é comum encontrar algumas empresas, onde os sistemas de coleta e registro de informações de acompanhamento de Manutenção Preditiva que não produzem ação de intervenção com a qualidade equivalente aos dados registrados (KARDEC; NASCIF, 2009).

Assim sendo, pode-se concluir que cada tipo de manutenção tem sua utilidade, dependendo das circunstâncias e das características de cada processo produtivo. Com o avanço das tecnologias e das práticas produtivas, a Manutenção Corretiva é, atualmente, uma abordagem utilizada em último caso, quando não é possível ou viável utilizar outra. A Manutenção Detectiva ainda é pouco explorada, por requerer investimentos em tecnologias assim como a TPM e a RCM, por exigir um planejamento mais complexo para sua implantação. Por fim pode-se verificar que a Manutenção Preventiva, apesar de agregar valor aos processos, está sendo aos poucos substituída por abordagens que não requerem a paralisação da produção para ser executada, no caso a Manutenção Preditiva. No entanto a Manutenção Preditiva, dependendo de seus resultados culminará em uma Manutenção Preventiva ou Corretiva Planejada, logo percebe-se que na verdade essas manutenções estão sendo utilizadas de forma mista, numa tentativa de melhoria contínua das práticas de manutenção.

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para desenvolver a presente pesquisa estão divididos em cinco etapas, para um melhor entendimento da temática aplicada. Primeiramente apresenta-se o delineamento do estudo, no qual é definido o tipo de pesquisa adotado; posteriormente são apresentadas respectivamente “população e amostra” utilizadas na investigação. Logo em seguida é exposta a forma de coleta de dados, isto é, os instrumentos adotados e os procedimentos seguidos. Por fim, discorre-se sobre a maneira como os dados foram tratados, definindo-se logo após, as variáveis que foram trabalhadas na problemática em estudo.

3.1 Delineamento da Pesquisa

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar como as manutenções preditivas fornecem subsídios para as manutenções preventivas em uma indústria do ramo têxtil localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba. Para atingir esse objetivo foi utilizada uma abordagem de pesquisa denominada descritiva, uma vez que não se deseja manipular as variáveis envolvidas no estudo (VERGARA, 2004). De acordo com Vergara (2008), pesquisa descritiva é aquela onde é realizada a observação, o registro, a análise e a correlação das variáveis sem manipulá-las.

O método utilizado corresponde a uma abordagem qualitativa, visto que, trabalhou-se com a técnica denominada pesquisação. De acordo com Da Silva *et al* (2010), a abordagem qualitativa consiste em um estudo interpretativo do mundo circundante, o que significa que os pesquisadores estudam os eventos em seus cenários naturais, tentando entender, ou interpretar, os fenômenos em termos dos significados que os indivíduos a eles conferem.

A pesquisação, por sua vez, é uma subdivisão da técnica: pesquisa participativa. Essa metodologia consiste na coleta de dados no ambiente de trabalho do pesquisador, por meio de observação participante e entrevistas, quase sempre semi-estruturadas (VERGARA, 2008). Para Da Silva *et al* (2010), a pesquisa participativa proporciona o estudo dos fenômenos sociais a partir de uma investigação em que o pesquisador participa ativamente no contexto pesquisado com a finalidade de entender os significados das ações e dos comportamentos dos sujeitos que vivem e se relacionam neste ambiente.

Dessa forma, investigou-se como são desenvolvidas as manutenções preventiva e preditiva em uma empresa do ramo têxtil localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba. A pesquisa analisou como as manutenções preditivas subsidiam as manutenções preventivas na

referida organização, verificando as técnicas e os procedimentos utilizados, além dos resultados obtidos. A empresa têxtil foi escolhida devido ao pesquisador trabalhar nesta; e analisou um grupo específico de máquinas em apenas um setor da organização, “Tinturaria de Fios”, no período de março a maio de 2012. Assim sendo, esta investigação caracteriza-se como um estudo descritivo, de cunho qualitativo e utilizou-se da técnica pesquisação para construir os resultados aqui expostos.

3.2 Universo da Pesquisa e Amostra

A empresa do ramo têxtil onde foi desenvolvido o presente estudo possui cinco setores destinados às atividades de produção, os quais fazem uso das manutenções corretiva, preventiva e preditiva para agregar valor aos processos produtivos. A organização foi escolhida por conveniência, devido ao pesquisador ser funcionário e atuar na área de manutenção, objeto desta pesquisa.

O presente estudo foi desenvolvido no setor “Tinturaria de Fios”, selecionado, de forma qualitativa, devido ao pesquisador atuar nesse âmbito, caracterizando um procedimento amostral, na ótica de Vergara (2004), denominado amostragem por conveniência.

O setor Tinturaria de Fios é responsável pelo tingimento do fio, utilizado posteriormente em outros setores produtivos da organização. Este é dividido em duas áreas, uma destinada ao desenvolvimento de cores, o laboratório da tinturaria, e outra responsável pelas atividades de produção propriamente ditas.

Além da equipe de produção, atuam nesta área as equipes de manutenção elétrica e mecânica; desenvolvendo manutenções preventivas, preditivas e corretivas de forma planejada e programada, bem como ações corretivas de cunho não planejado.

A área de produção da Tinturaria de Fios comporta doze máquinas de origem Italiana, fabricados pela empresa *THIES*; sendo dez destinadas ao tingimento do fio e duas à secagem destes. Os equipamentos dedicados ao tingimento do fio são divididos em três grupos:

- Grupo I: Máquina de Tingir Fios 01 e 02 – Capacidade: 100 Kg;
- Grupo II: Máquina de Tingir Fios 03, 04, 05, 06, 07 e 08 – Capacidade: 1200 Kg;
- Grupo III: Máquinas de Tingir Fios 09 e 10 – Capacidade: 900 Kg.

Por serem em maior número optou-se por trabalhar apenas com os equipamentos pertencentes ao grupo II, com capacidade para 1200 Kg. A operacionalidade destes baseia-se no princípio de funcionamento de uma autoclave horizontal.

Segundo Canaan, Pestana, Silva (2010) esses equipamentos promovem a formação de um vácuo em seu interior, utilizando as variáveis temperatura e pressão para esterilizar materiais. No caso da empresa estudada, esse sistema é utilizado no processo de tingimento do fio, principal matéria-prima da organização.

As máquinas funcionam automaticamente, a partir da programação realizada por um operador de produção. Para atuar automaticamente esses equipamentos utilizam:

- (1) Um painel elétrico de força e comando; um Controlador Lógico Programável – CLP; e um sistema eletropneumático, formado por válvulas e eletroválvulas, responsáveis pela automatização dos processos.
- (2) Um inversor de frequência e um motor 110 KW, e uma bomba principal, destinados a controlar a circulação dos fluidos no interior autoclave.
- (3) Três recipientes de diluição; um com capacidade para 6980 litros, mesma da autoclave, e dois para 700 litros. Os três são utilizados para armazenar produtos como corantes, dióxido de sódio, hidrossulfito, peróxido, soda cáustica, sabão, amaciante etc; utilizados no processo de tingimento.
- (4) Três motores; um de 3,45 e dois de 1,5 KW, destinados a misturar os produtos armazenados nos recipientes de diluição, para posteriormente serem transferidos para a autoclave.
- (5) Um motor 3 KW e uma bomba secundária, responsáveis pela transferência dos produtos, contidos nos recipientes de diluição, para a autoclave.

Assim sendo, os equipamentos aqui descritos podem ser entendidos como uma autoclave horizontal, a qual por meio de temperatura e pressão realizam o tingimento de fios; utilizando recipientes de diluição para diluir produtos usados nos processos; motores, bombas e inversor de frequência para circular os fluidos no interior da autoclave; e um sistema eletromecânico e outro eletropneumático para automatizar os processos.

3.3 Coleta de Dados

Para atingir o objetivo deste estudo foram utilizados como forma de coleta de dados a observação participante como metodologia principal e o diário de campo como recurso secundário; durante o período compreendido entre 05 de Março a 30 de Maio de 2012, de Segunda a Terça-feira, das 07:30 horas às 11:30 horas, totalizando 26 dias e/ou 104 horas de convívio com o grupo estudado.

Na acepção de Da Silva *et al* (2010) a observação pode ser compreendida como o ato de perceber as atividades e inter-relações dos indivíduos do cenário de campo pela ativação dos cinco sentidos do pesquisador, exigindo um registro objetivo e uma busca de padrões que são identificados nas vivências da cultura cotidiana do grupo participante da pesquisa.

Logo, a observação participante pode ser entendida como a participação ativa do pesquisador no contexto social do grupo estudado, sabendo ver e ouvir atentamente as práticas ali desenvolvidas, registrando o mais fielmente possível todas as informações pertinentes (DA SILVA *ET AL*, 2010).

Contudo, para garantir a fidedignidade das informações oriundas das observações participantes, foi realizada a análise dos registros de manutenção, efetivados e mantidos pela equipe de manutenção elétrica da Tinturaria de Fios, setor da empresa onde foi desenvolvido o estudo.

3.4 Análise dos Dados e Definição de Termos e Variáveis

Os dados obtidos nesta pesquisa foram tratados por meio da análise de *template*. De acordo com King (2004), a análise de *template* consiste na categorização dos dados obtidos na pesquisa, isto é, na construção de tópicos que delimite o estudo. Após categorizar os dados, o pesquisador deve transcrever as informações obtidas, procurando identificar pontos relevantes ao estudo e aloca-los de acordo com os *template* definidos inicialmente (KING, 2004).

Para fins desta pesquisa, a análise de resultados foi desenvolvida por meio de *template* relacionados ao desenvolvimento eficaz das manutenções preventivas a partir de informações oriundas das manutenções preditivas. A seguir apresentam-se esses *templates*:

- As técnicas utilizadas nas manutenções preditivas;
- Os procedimentos adotados nas manutenções preventivas;
- O dia-a-dia da manutenção corretiva;
- Registros das atividades de manutenção;

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme metodologia utilizada para desenvolver esta pesquisa, os dados obtidos a partir do estudo participativo, desenvolvido na organização, foram tratados pela análise de *template*. Os *templates* construídos revelam as relações existentes entre as manutenções preventiva e preditiva, assim como a presença marcante da manutenção corretiva entre elas, uma vez que as primeiras são praticadas com o objetivo principal de diminuir o índice dessa última e não de eliminá-la, pois ações corretivas sempre existiram, mesmo com a prática incessante de procedimentos preventivos, preditivos ou outro tipo de manutenção que venha a agregar valor aos processos produtivos, conforme afirma Kardec e Nascif (2009).

O número de manutenções corretivas desenvolvido no setor está diretamente ligado às práticas efetivas de ações preditivas e preventivas, logo não há uma programação para esse tipo de manutenção, com exceção das intervenções de cunho planejado, que de um modo geral são realizadas juntamente com as preventivas que, por sua vez é planejada e programada, juntamente com as preditivas.

Como já mencionado, os resultados desta pesquisa foram analisados de acordo com os seguintes *templates*: as técnicas utilizadas nas manutenções preditivas; os procedimentos adotados nas manutenções preventivas; o dia-a-dia da manutenção corretiva; e os registros das atividades de manutenção.

4.1 AS TÉCNICAS UTILIZADAS NAS MANUTENÇÕES PREDITIVAS

As manutenções preditivas, na organização estudada, são planejadas, organizadas, executadas e controladas pela própria equipe de manutenção, de forma descentralizada. As informações, oriundas dessas manutenções, são registradas em fichas que servem de base para possíveis intervenções preventivas e/ou programação de ações corretivas futuras.

O cronograma destas pode ser visualizado na figura 7, juntamente com o das manutenções preventivas. Nesse cronograma pode-se visualizar o número exato de operações preditivas e preventivas, realizadas, pela equipe de manutenção, no período de coleta de dados, ou seja, 59 ações preditivas e 19 atuações preventivas. De acordo com esse cronograma, as manutenções de natureza semanal são de cunho preditivo, de modo que, se em uma dada semana o equipamento estiver disponível para ações preventivas, a equipe de manutenção não executará, nesse equipamento, ações preditivas e vice-versa. Observou-se que esse procedimento ajuda a organizar a execução das manutenções e permite que as informações das preditivas, realizadas em datas passadas, sejam utilizadas em trabalhos

preventivos e/ou corretivos atuais. A única ação preditiva executada em conjunto com as preventivas é a análise de isolamento dos motores, uma vez que o equipamento precisa estar desenergizado para realizar tal procedimento.

No estudo, também, observou-se que as manutenções preditivas são realizadas de forma planejada, apenas, nos motores que compõem cada equipamento, conforme observado na figura 1 que ilustra, de forma simplificada, a Ficha de Registro de Manutenção Preditiva utilizada no setor pela equipe de manutenção. Os critérios utilizados para executar as ações preditivas, apenas nos motores, baseiam-se no fato da organização não dispor de instrumentos para realizar os procedimentos em outros componentes dos equipamentos.

Figura 1: Ficha de Registro de Manutenção Preditiva Simplificada

EMPRESA X	MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MOTORES				
PCM	Data				
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Parâmetro	Registro				
Vibração	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Isolação	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Temperatura	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Tensão	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Corrente	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Conservação da Carcaça (observação visual)	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Manutentor Responsável (início)	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Manutentor Responsável (término)	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Avaliação: (1) Normal (2) Anormal					
Dados do Motor	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX				
Parâmetros de Base	Vibração: XXXX	Isolação: XXXX	Temperatura: XXXX	Tensão: XXXX	Corrente: XXXX

Fonte: Empresa Estudada, 2004.

Como pode ser observado todas as informações existentes na ficha ilustrada na Figura 1, se referem a um determinado motor do equipamento, onde está sendo executada a manutenção preditiva.

Para realizar essas manutenções, a equipe de manutentores faz uso de instrumentos de medições que verificam o parâmetro desejado, seja ele: vibração, isolação, temperatura, tensão e corrente elétrica. Os instrumentos utilizados para verificar esses parâmetros são:

Vibrômetro: também chamado de sismômetro, é um equipamento que mede o deslocamento de um corpo vibratório (SOEIRO, 2008). Na empresa é utilizado para verificar a vibração interna e externa dos motores, podendo ser visualizado na Figura 2.

Figura 2: Vibrômetro utilizado na empresa para realizar análise de vibração



Fonte: Empresa estudada, 2004.

Megômetro: instrumento utilizado para verificar a isolação interna de motores industriais, isto é, informar se estes estão em curto-circuito, anomalia ocasionada pela umidade do ambiente onde estão localizados (BRASIL, 2006).

A Figura 3 ilustra esse instrumento.

Figura 3: Megômetro utilizado na organização para realizar análise de isolação.



Fonte: Empresa estudada, 2004.

Termômetro: instrumento usado para verificar a temperatura de um corpo (PACHOLOK, 2004). O termômetro utilizado na empresa estudada tem o formato de uma pistola e funciona através de um laser infravermelho, operando na escala Celsius.

A Figura 4 evidencia esse instrumento.

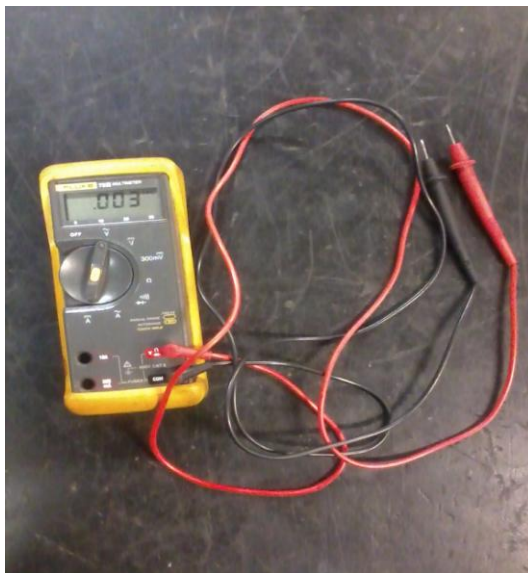
Figura 4: Termômetro *Raytek* usado pela empresa para verificar temperaturas.



Fonte: Empresa estudada, 2004.

Multímetro: instrumentos que permitem a medição de diferentes grandezas elétricas como tensões, correntes, resistências, temperaturas, capacitâncias e frequências (BRASIL, 2006). Na empresa, no setor Tinturaria de Fios, esse instrumento é utilizado para realizar a leitura de tensões elétricas. Este pode ser visto na figura 5.

Figura 5: Multímetro utilizado na empresa para verificar tensões elétricas.



Fonte: Empresa estudada, 2004.

Amperímetro: instrumentos construídos com a finalidade de medir a corrente elétrica (BRASIL, 2006). A figura 6 ilustra esse instrumento.

Figura 6: Amperímetro usado pela organização para verificar correntes elétricas.



Fonte: Empresa estudada, 2004.

As demais ações preditivas do setor são realizadas de maneira informal, sem registro nem controle. De acordo com os manutentores, o corpo gerencial, responsável pelo gerenciamento das atividades de manutenção do setor, não estabeleceu até o momento padrões de realização das manutenções preditivas de forma abrangente, ficando restrito ao controle preditivo dos motores.

Contudo, constatou-se que os manutentores fazem uso dos procedimentos preditivos em outras partes dos equipamentos. Durante a coleta de dados observou-se que a equipe faz um monitoramento constante dos painéis elétricos, para prevenir possíveis problemas de superaquecimento e consequentemente ações corretivas, além de procurarem otimizar continuamente os procedimentos preventivos.

4.2 OS PROCEDIMENTOS ADOTADOS NAS MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

De acordo com Branco Filho (2008) a execução das manutenções preventivas deve obedecer a um cronograma pré-estabelecido pela gerência de manutenção da organização. Para o autor, as funções planejamento, organização e controle da manutenção precisam ser estabelecidos de forma clara e objetiva para oferecer suporte ao desenvolvimento das manutenções no ambiente produtivo, em especial as preventivas.

Na organização estudada existe um departamento responsável pelas atividades de planejamento e controle da manutenção, o P.C.M. As equipes de manutenção, de cada setor,

desenvolvem suas atividades de manutenção preventiva com base em cronogramas desenvolvidos por esse departamento.

A figura 7 ilustra o cronograma, simplificado, de manutenção preventiva e preditiva elétrica do setor Tinturaria de Fios e em destaque as manutenções preventivas dos equipamentos utilizados para desenvolver o estudo que segue.

Figura 7: Cronograma de manutenção preventiva e preditiva do setor Tinturaria de Fios

EMPRESA X							CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA 2012.1														
DIVISÃO DE MANUTENÇÃO - PCM							TINTURARIA DE FIOS / ELÉTRICA														
Equipamento	Dia	Frequência (Horas)					Março				Abril				Maio						
							10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
		W	M	T	S	A					6				1						
Máq. Ting. Fios 01	2ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28		
Máq. Ting. Fios 02	2ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28		
Máq. Ting. Fios 03	2ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28		
Máq. Ting. Fios 04	2ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28		
Máq. Ting. Fios 05	3ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	6	13	20	27	3	10	17	24	2	8	15	22	29		
Máq. Ting. Fios 06	3ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	6	13	20	27	3	10	17	24	2	8	15	22	29		
Máq. Ting. Fios 07	3ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	6	13	20	27	3	10	17	24	2	8	15	22	29		
Máq. Ting. Fios 08	3ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	6	13	20	27	3	10	17	24	2	8	15	22	29		
Máq. Ting. Fios 09	4ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	7	14	21	28	4	11	18	25	4	9	16	23	30		
Máq. Ting. Fios 10	4ª	2,33	4,08	12,00	12,67	14,42	7	14	21	28	4	11	18	25	4	9	16	23	30		
Secador 01	4ª	1,58	2,25	9,58	12,92	16,00	7	14	21	28	4	11	18	25	4	9	16	23	30		
Secador 02	4ª	2,33	3,17	10,83	14,58	18,58	7	14	21	28	4	11	18	25	4	9	16	23	30		

Legenda

W - Semanal (Preditiva)

M - Mensal

T - Trimestral

A - Anual

Fonte: Adaptado da empresa estudada, 2012

Como pode ser observado, as manutenções preventivas são executadas em quatro tipos de frequências: mensal, trimestral, semestral e anual. Essas frequências são definidas pelo PCM, através do monitoramento operacional de cada equipamento, sendo que quanto maior o intervalo de tempo entre as manutenções, maior o número de atividades a serem executadas pela equipe de manutenção. Devido ao período em que a pesquisa foi desenvolvida, não houve a oportunidade de acompanhar uma manutenção preventiva de natureza semestral ou anual, ficando, esta, restrita as frequências mensais e trimestrais, conforme o cronograma de manutenção preventiva do setor Tinturaria de Fios, apresentado na figura 7. Por serem equipamentos do mesmo porte, simétricos entre si, as manutenções obedeceram a um mesmo

padrão, de modo que, uma possível melhoria identificada em um, é executada posteriormente nos demais.

Para orientar o trabalho dos manutentores é utilizada O. S. – Ordem de Serviço e as fichas de instrução de manutenção. Ambos os instrumentos tem por objetivo direcionar os trabalhos da equipe de manutenção, uma forma de otimização.

Na figura 8 é ilustrada de forma simplificada uma ordem de serviço utilizada na empresa e na figura 9, uma ficha de instrução usada para nortear as tarefas.

Figura 8: Ordem de Serviço usada na empresa

EMPRESA X		ORDEM DE SERVIÇO				Número	XXXX
Solicitante	P.C.M.	Data Solicitação	XXXX	Hora Solicitação	XXXX	Prioridade	Máquina Parada
Responsável	Ger. De Man.	Data Recebimento	XXXX	Hora Recebimento	XXXX	2	Historiar
Setor	Tinturaria de Fios	Equipamento	Máq. de Ting. Fios			Centro de Custos	XXXX
Serviço Solicitado	T - Trimestral		Tipo	Preventiva		Número	01 a 18
Instruções Gerais:					HH	Natureza	Elétrica
					12,00	Data Início	XXXX
						Hora Início	XXXX
Peças: (1) Retirado: (2) Instalado	Quantidade:	Referência:	Tag. Conj.:	Tag. Subconj.:	Posição:	Motivo:	
Serviço Executado							
Data/Hora Início		Data/Hora Término				Hora Real:	
Informações Complementares/Pendências							Executores
Códigos de demora		Código	Período Hora	Horas	Observações		
0 - Falta de Mão de Obra	3 - Aguardando Almoxarifado						
1 - Falta de Material	4 - Aguardando Serviço Externo						
2 - Aguardando Compras	5 - Outras Demoras						
Aprovação Serviços a Executar				Aprovação Serviços Executados			
Semana Base		Próxima Reprogramação		Limite de Reprogramação			
Semana:XXXX	Ano: XXXX	Semana: XXXX	Ano: XXXX	Semana: XXXX	Ano: XXXX		

Fonte: Empresa estudada, 2004.

A ordem de serviço funciona como um documento, onde são registradas todas as informações oriundas da respectiva manutenção. Ao término da manutenção, a equipe de manutenção, formada por um eletricista e dois jovens aprendizes, faz um registro completo desta, informando data e hora de início e término da manutenção, os nomes dos manutentores que as executaram, o tempo despendido no serviço, o serviço executado etc. Na prática da organização, a utilidade desse instrumento é centralizada no PCM, setor responsável pela coordenação das manutenções preventivas, visto que é o meio que utilizam para fazer o controle da execução dessas manutenções. No que se refere aos manutentores, a ordem de serviço é simbólica, funcionando como um documento de controle burocrático, que liga os executores da manutenção àqueles que as planeja.

Figura 9: Ficha de instrução de manutenção preventiva

EMPRESA X	DIVISÃO DE MANUTENÇÃO	
	PCM - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO	
	FICHA DE INSTRUÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA ELÉTRICA	
Equipamento: Máquina de Tingir Fios	Frequência: Trimestral	
	<u>Conjunto: Painelelétrico</u>	Tag. Conj.: XXXX
Subconjunto	Tag. Subconj.	Serviço a Executar
Ar condicionado	XXXX	XXXX
Inversor de Frequência	XXXX	XXXX
Geral	XXXX	XXXX
	<u>Conjunto: Autoclave</u>	Tag. Conj.: XXXX
Subconjunto	Tag. Subconj.	Serviço a Executar
Geral	XXXX	XXXX
	<u>Conjunto: Motores</u>	Tag. Conj.: XXXX
Subconjunto	Tag. Subconj.	Serviço a Executar
Geral	XXXX	XXXX
	<u>Conjunto: Tanq. De Diluição</u>	Tag. Conj.: XXXX
Subconjunto	Tag. Subconj.	Serviço a Executar
Geral	XXXX	XXXX

Fonte: Empresa estudada, 2004.

As fichas de instrução são de grade ajuda para os manutentores, visto que guiam seus serviços. Como pode ser observado na figura 9 esse instrumento, além de conter informações necessárias ao preenchimento das ordens de serviços, contém instruções a serem seguidas no decorrer da execução das manutenções. Na prática observou-se que essas instruções não são seguidas a risca, servindo apenas como um suporte. Quando interrogados sobre essa forma de utilizar a ficha de instrução de manutenção preventiva, os manutentores relataram que seguir as instruções dessa ficha “ao pé da letra” atrasa demasiadamente os serviços. De acordo com a equipe, as fichas são necessárias devido a falhas humanas, ou seja, para evitar que atividades programadas para a manutenção sejam esquecidas, ocasionando posteriormente ações corretivas que poderiam ter sido evitadas através de procedimentos preventivos. Para os manutentores, as fichas norteiam os serviços que precisam ser executados, porém a execução em si independe destas.

Além disso, os manutentores também citaram que no ambiente da manutenção existem “prioridades”, visto a manutenção manter relações recíprocas com a produção. De acordo com eles, a produção não está interessada na qualidade da manutenção preventiva, mas na sua execução o mais rápido possível. Isso foi comprovado, durante o período de coleta de dados, quando a manutenção preventiva precisou ser encerrada às pressas, visto que a produção solicitou a entrega do equipamento antes do término previsto para a conclusão dos serviços.

Logo, percebe-se paradoxo de ideias muito forte entre produção e manutenção, o que na maioria das vezes, nesse estudo, culminou em paradas imprevistas dos processos para ações de cunho corretivo.

No tocante as contribuições das manutenções preditivas para o desenvolvimento das manutenções preventivas, objetivo principal deste estudo, foram identificadas três situações que provaram de forma evidente essa relação entre esses dois tipos de manutenção.

Para o melhor entendimento da temática, e visto ser a pesquisa um estudo de cunho qualitativo, o qual fez uso da técnica pesquisação para obter seus dados, essas contribuições foram divididas nos três cenários que seguem, uma vez que a organização não possui um índice de falhas estabelecido nem, tampouco, extrai dos registros das manutenções, indicadores de desempenho que possibilitem comparar “o antes e o depois” das intervenções.

Cenário I

O primeiro cenário identificado diz respeito ao aumento na frequência de limpeza dos painéis das máquinas estudadas. A equipe de manutenção elétrica fez uso do termômetro Raytek para monitorar a temperatura dos referidos painéis, procedimento que mostrou aos manutentores que os equipamentos estavam sobreaquecendo com muita frequência, ocasionando manutenções corretivas não planejadas paliativas.

Através dessas informações a equipe de manutenção fez um estudo do problema, identificando que as causas, deste, estavam na frequência de limpeza dos painéis. Até o momento os painéis eram limpos duas vezes por semana. Com a descoberta da anomalia, a frequência de limpeza passou a ser três vezes por semana.

Os monitoramentos realizados posteriormente mostraram que as medidas tomadas foram pertinentes, ao passo que os painéis pararam de sobreaquecer e eliminaram as manutenções corretivas não planejadas paliativas, realizadas nesses equipamentos devido ao intervalo de tempo utilizado entre as limpezas.

Cenário II

O segundo cenário tem como o foco os motores dos equipamentos do estudo. Fazendo uso do instrumento de medição megômetro, a equipe de manutenção fez o monitoramento da isolação dos motores das máquinas. Através dessas medições, os manutentores descobriram que os motores localizados em ambientes úmidos (motor 3 KW, responsável por transferir os

produtos dos tanques de diluição para a autoclave) estavam perdendo isolamento muito rápido, ocasionando atraso nos processos e aumento das manutenções corretivas planejadas.

Analisada a situação, a equipe de manutenção decidiu aumentar a frequência com que esses motores eram retirados das máquinas, encaminhados para uma estufa e expostos a alta temperatura durante em média seis horas e logo em seguida, devolvidos para o equipamento. Esse procedimento era realizado a cada seis meses e as respectivas medições a cada seis meses. Após a análise das anomalias, o procedimento passou a ser efetuado a cada três meses e o monitoramento de dois em dois meses.

As medições realizadas após a mudança de procedimento mostraram que este foi adequado, uma vez que, a baixa isolamento dos motores devia-se a sua localização, em ambiente muito úmido, sendo necessário encaminhá-los para estufas com uma frequência maior que os demais motores do equipamento.

Cenário III

O terceiro e último cenário exposto faz referência à frequência de lubrificação do motor principal das máquinas de tingir fios estudadas. Nesse cenário a equipe de manutenção fez uso do vibrômetro, instrumento utilizado para realizar análise de vibração. Através dessas análises os manutentores descobriram que os ruídos e as vibrações dos motores das máquinas que operavam com maior frequência elevava-se mais rapidamente que os das que operavam com menor constância, ocasionando aumento dos riscos físicos no setor, ruídos.

A partir dessas informações, os manutentores definiram frequências de lubrificação diferentes para os dois grupos identificados. Até o momento as lubrificações eram realizadas anualmente, em todos os equipamentos e não levava em consideração a frequência com que o equipamento operava. A partir de então foram definidos dois procedimentos:

- As máquinas que operavam com menor frequência (dados obtidos com a produção do setor) manteve-se a lubrificação dos motores anualmente;
- As máquinas que operavam com frequência maior passaram a ter seus motores lubrificados a cada seis meses.

As análises realizadas após a mudança de procedimento revelaram que as medidas tomadas foram apropriadas, ao passo que contribuíram para a melhoria das condições do ambiente de trabalho, através da diminuição dos ruídos.

Esses cenários comprovam que é possível utilizar as manutenções preditivas para subsidiar as manutenções preventivas, conforme Kardec e Nascif (2009) afirmam. Nesse momento percebem-se as contribuições das manutenções preditivas para as preventivas, isto é os benefícios em praticar esses dois tipos de manutenção simultaneamente. Como pode ser observado nos três cenários expostos anteriormente, a equipe de manutenção elétrica da Tinturaria de Fios descobriu através de ações preditivas que algumas ações preventivas estavam sendo executadas de forma inadequada, não atingindo seu objetivo principal: diminuir o máximo possível o índice de intervenções corretivas no ambiente produtivo.

De acordo com os manutentores, a manutenção preditiva é um suporte à realização das manutenções preventivas e corretivas planejadas; é uma forma de desenvolver ações preventivas continuamente, visto que como bem afirma Branco Filho (2008), o propósito final das atividades de manutenção, em seu conjunto, é prevenir a todo o momento.

4.3 O DIA-A-DIA DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

Por ser de natureza emergencial a manutenção corretiva independe de um cronograma pré-estabelecido para ser executada. Esta, na organização estudada, é realizada de acordo com as necessidades da produção, sendo na maioria das vezes ocasionada pelo término da vida útil de alguma peça do equipamento, pela execução ineficiente de manutenções preventivas, e/ou por falhas técnicas do sistema.

As manutenções corretivas são executadas por uma equipe de eletricitas formada por três profissionais, distribuídos em três turnos: (A) 06h00min às 14h00min, (B) 14h00min às 22h00min e (C) 22h00min às 06h00min. O pesquisador não chegou a acompanhar essa equipe, sendo todas as informações referentes às manutenções corretivas oriundas dos documentos de registros dessas manutenções e de pequenas entrevistas semiestruturadas, realizadas com os manutentores.

As referidas manutenções são prioritárias em relação às preventivas e às preditivas por ocasionarem a paralisação da produção de forma inesperada. Durante o período de coleta de dados observou-se a prática constante de ações corretivas de cunho paliativo, de forma não planejada. Quando interrogados sobre esses atos, os manutentores relataram ser impossível agir de outra forma no ambiente produtivo, visto que atuar corretivamente se tornou sinônimo de liberar o equipamento o mais rápido possível para dar continuidade aos processos, independentemente de qualidade ou qualquer outra coisa correlata, como eficiência e eficácia nos serviços executados.

Constatou-se que ao serem entregues para a realização das manutenções preventivas, os serviços paliativos foram desfeitos e em seu lugar executadas manutenções corretivas curativas, de maneira planejada. De acordo com a equipe de manutenção, preventiva e preditiva do setor estudado, não há como praticar essas três abordagens de manutenção de forma isolada, uma vez que elas se complementam, concedendo efetividade aos trabalhos executados.

Um ponto interessante a ser destacado nesse *template* é a informalidade existente na execução desse tipo de manutenção. Na maioria das vezes não foi observado o uso de O.S. para registrar a ocorrência das ações corretivas, sendo o procedimento realizado de forma verbal, o que, dentre outras coisas, ocasionou o não registro da manutenção, visto que após certo tempo os manutentores acabavam esquecendo que tinham executado esses serviços.

Contudo percebeu-se a importância desse tipo de manutenção para o bom funcionamento das atividades produtivas do setor, no que tange ao retorno rápido do equipamento para a operação. Além disso, também observou-se que não existe um número exato de manutenção corretiva desenvolvida nesse setor da organização, sendo esse número dependente de fatores como a prática de manutenção preventiva de forma efetiva. Contudo, imprevistos sempre acontecem e as manutenções preventivas e preditivas são incapazes de precaver as falhas de maneira cem por cento, como bem afirma KARDEC E NASCIF (2009).

4.4 OS REGISTROS DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

As manutenções corretiva, preventiva e preditiva são registradas de formas diferentes e cada uma obedece a um padrão diferente de registro.

As ações corretivas são registradas em um livro de ocorrências, sendo este o meio de controle utilizado pelo gerente de manutenção. A grande finalidade do livro de ocorrências é manter os três turnos em sintonia, entre si, visto que na maioria das vezes as ações corretivas são passadas de um para outro. De acordo com o livro de ocorrências, as manutenções corretivas aumentam de acordo com a não realização das manutenções preventivas ou, a realização destas em espaços de tempo superior a sua execução normal.

Assim como as manutenções corretivas, as manutenções preventivas também são registradas no livro de ocorrências. A partir dos registros contidos nesse livro percebeu-se que manutenção e produção disputam espaço no ambiente produtivo. Apesar de existir um cronograma, a ser seguido no desenvolvimento de manutenções preventivas, muitas vezes a produção não disponibiliza o equipamento para a execução dos serviços preventivos, ocasionando ações corretivas futuras.

Quanto às manutenções preditivas, estas são registradas nas fichas de instruções descritas no primeiro *template* desta análise, sendo consultadas pelas equipes de manutenção preventiva e corretiva quando necessário. O gerente de manutenção não mantém controle sobre essa manutenção, sendo este exercido pela equipe de manutenção preventiva do setor. Porém, notou-se que a organização prioriza o desenvolvimento de ações corretivas e preventivas, sendo as manutenções preditivas colocadas em segundo plano, utilizadas pela equipe de manutenção para aperfeiçoar os serviços corretivos e preventivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo permitiu verificar como acontece, na prática, a relação entre as manutenções preventiva e preditiva a partir de um estudo participativo em uma empresa do ramo têxtil localizada em João Pessoa. De acordo com a literatura, as atividades de manutenção são essenciais para o desenvolvimento coeso dos processos produtivos (BRANCO FILHO, 2008). Dentre os vários tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva, detectiva, TPM e RCM; as três primeiras destacam-se pela simplicidade de sua implantação, se comparadas às demais, e estão presentes no ambiente produtivo da maioria das organizações (KARDEC; NASCIF, 2009).

A partir desse pressuposto, esta pesquisa investigou como as manutenções preditivas subsidiam as preventivas. Os objetivos específicos são descritos a seguir com o intuito de verificar se os mesmos foram alcançados:

Selecionar setor e equipamentos para estudar como as manutenções são realizadas;

Conforme descrito no tópico 3.2 da metodologia, foi selecionado através do procedimento denominado amostragem por conveniência o setor “Tinturaria de Fios” para desenvolver a pesquisa. Visando um melhor entendimento da proposta também foi realizada nesse tópico, uma descrição sucinta dos equipamentos utilizados para verificar as relações entre as manutenções estudadas.

Descrever como as manutenções preventiva e preditiva são executadas;

Nos dois primeiros *templates*, construídos na análise de resultados, foram descritas as técnicas utilizadas pela organização para desenvolver as manutenções preditivas; e os procedimentos adotados nas manutenções preventivas. Estes serviram de base para a construção de um terceiro *template*: o dia-a-dia da manutenção corretiva, o qual permitiu estabelecer uma relação entre os três tipos de manutenções praticadas na empresa: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

Identificar o número de manutenções preventiva e preditiva efetivadas pela organização no período de coleta de dados;

De acordo com o último *template*, os registros das atividades de manutenção, desenvolvido na análise de resultados, o número de manutenções corretivas praticados no setor varia de acordo com a qualidade com que as manutenções preventiva e preditiva são

desenvolvidas. Esse *template* revela os conflitos existentes entre produção e manutenção e fortalece a ideia de que é necessário haver um diálogo entre essas duas áreas, visto que possuem objetivos comuns. O número de manutenções preditivas e preventivas, por sua vez, desenvolvidas durante o período de coleta de dados, pode ser visualizado na figura 7, cronograma de manutenção preventiva e preditiva do setor Tinturaria de Fios, sendo eles 59 e 19 respectivamente.

Comparar o comportamento da manutenção preventiva, quando esta é auxiliada pelas preditivas.

Finalizando esta descrição dos objetivos específicos, o foco da pesquisa, comparar o comportamento da manutenção preventiva, quando auxiliada pelas preditivas. No segundo *template*, intitulado “os procedimentos adotados nas manutenções preventivas”, foram construídos três cenários com base no estudo etnográfico desenvolvido na organização. Esses cenários mostram que a partir de informações advindas das manutenções preditivas, a equipe de manutenção elétrica do setor tinturaria de fios modificou alguns procedimentos seguidos, até então, no desenvolvimento das manutenções preventivas; comprovando que esses dois tipos de manutenção mantêm relações entre si e que as preditivas podem ser utilizadas para otimizar as preventivas.

Portanto o objetivo geral do estudo, “verificar como as manutenções preditivas fornecem subsídios para as manutenções preventivas em uma indústria do ramo têxtil localizada em Joao Pessoa”, foi alcançado. As limitações da pesquisa encontram-se no fato de ter sido desenvolvida em apenas um setor da indústria, devido ao acesso do pesquisador está limitado ao setor em trabalha, e no curto espaço de tempo de três meses, período disponibilizado pela organização para realizar a coleta de dados do estudo.

Contudo foram construídos subsídios para a consecução de trabalhos futuros. Sugere-se que os novos estudos sejam desenvolvidos em outros setores da organização e em um espaço de tempo maior, para que seja possível analisar e comparar um conjunto de dados maior, buscando verificar os resultados alcançados nesta pesquisa e outros mais amplos.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **A Situação da Manutenção no Brasil** - Documento Nacional. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2010.

BONIFÁCIO, Antônio Marcos; VAZZOLER, Márcia Regina. **Análise da Relação entre Investimentos, Fatores Motivacionais e Resultados de Desempenho**: proposta de alguns encaminhamentos para a gestão da manutenção industrial. São Paulo: XIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2007.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. São Paulo: Ciência Moderna, 2008.

BRASIL, Tarcísio Gaspar. **Projeto de um Laboratório para ensaios de Rotina de Motores de Indução Trifásico de Potência até 150 KW**. Vitória/ES: 2006. Acesso em 25 de Maio de 2012, de http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/pg2005_2/tarcisiogasp.

CANAAN, Josiane M. M.; PESTANA, Kelly Chrystina; DA SILVA, Maria Inês. **Avaliação do Processo de Esterilização por Autoclavagem Utilizando Indicadores Biológicos e Químicos**. Acesso em 25 de Maio de 2012, de <http://www.unesp.br/prg/pdf/autoclave.pdf>

CORRÊA, Carlos A.; CORRÊA, Henrique L. **Administração de Produção e Operações**: 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DA SILVA, Maria Oneide Lino; OLIVEIRA, Sandra Suely; Pereira, Vanderléia; LIMA, Maria da Glória Soares Barbosa. **Etnografia e Pesquisa Qualitativa**: Apontamentos sobre um Caminho Metodológico em Investigação. Acesso em 25 de Maio de 2012, de http://www.ufpi.br/subsitefiles/ppged/arquivos/files/VI.encontro.2010/GT_01_15.pdf

DE SOUZA, Patrícia Fonseca; CHAVES NETO, Sindolfo Gonçalves; DA CRUZ, Rodrigo Alencar Rodrigues, DE LIMA, Emanuel Edwan; DA SILVA, Valteir Romão. **Uso da Manutenção Produtiva Total para a Redução de Perdas no Processo Produtivo**. São Paulo: XVII Simpósio de Engenharia de Produção, 2010.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. **Manutenção – Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KING, N. (2004). **Using templates in the thematic analysis of text**. In C. Cassel., & G. Symon. *Essential guide to qualitative methods in organizational research*. London: Sage Publications.

PACHOLOK, Mariano. **Uso da Termografia para Avaliação do Desalinhamento de Eixos de Máquinas Rotativas**: Um Ferramenta Auxiliar à Análise de Vibrações. Curitiba/PR: 2004. Acesso em 25 de Maio de 2012, de http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_arquivos/6/TDE-2008-04-30T1.

PILON, José Aguilar. **Manutenção Preventiva Sistemática de Pneus em uma Empresa de Transporte Público na Cidade de Vitória-ES**. São Paulo: XIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2007.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção**: 4º Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SOEIRO, Newton Sure. **Curso de Fundamentos de Vibrações e Balanceamento de Rotores**. Belém/PA: 2008. Acesso em 25 de Maio de 2012, de <http://www.ufpa.br/gva/apostilas/fundamentosdevibração.pdf>

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.